

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-204435  
 (43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.CI.

H01L 21/20  
 H01L 29/786  
 H01L 21/336

(21)Application number : 10-018098

(71)Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD

(22)Date of filing : 12.01.1998

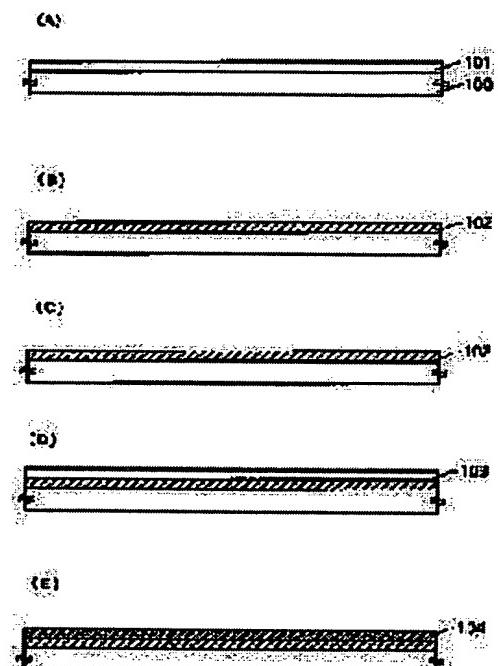
(72)Inventor : YAMAZAKI SHUNPEI  
 HAYAKAWA MASAHIKO

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND PREPARATION OF THE SAME

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a crystalline silicon film having excellent crystallinity and a surface with less ridges, by forming a first crystalline silicon film, then forming an amorphous silicon film thereon, and crystallizing the amorphous silicon film by irradiation with laser beams or the like to form a second crystalline silicon film.

**SOLUTION:** First, a first amorphous silicon film 101 is crystallized to form a first crystalline silicon film 102. In this case, crystallization by heating processing is preferred. On the first crystalline silicon film 102 thus obtained, a second amorphous silicon film 103 is formed and irradiated with laser beams to form a second crystalline silicon film 104. It is preferred to etch the surface of the first crystalline silicon film 102 to form an excellent surface before forming the second amorphous silicon film 103. Alternatively, it is preferred to form the second amorphous silicon film 103 where an excellent surface immediately after crystallization processing of the first amorphous silicon film 101 is maintained. Thus, good flatness is provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.01.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-204435

(43)公開日 平成11年(1999)7月30日

(51)Int.Cl.<sup>a</sup>

H 0 1 L 21/20  
29/786  
21/336

識別記号

F I

H 0 1 L 21/20  
29/78

6 2 7 G

審査請求 未請求 請求項の数13 FD (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平10-18098

(22)出願日 平成10年(1998)1月12日

(71)出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地

(72)発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

(72)発明者 早川 昌彦

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

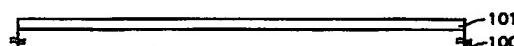
(54)【発明の名称】 半導体装置及びその作製方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は、高い結晶性を有し、且つ、リッジ(凹凸)の少ない平坦な表面を有する結晶性珪素膜を用いた高い特性を有する半導体装置及びその作製方法を提供することを課題とする。

【解決手段】 本発明によれば、熱処理手段を用いて第1の非晶質珪素膜を結晶化させる。こうして得られた第1の結晶性珪素膜を下地としてその上に、第2の非晶質珪素膜を形成し、レーザー光の照射により第2の非晶質珪素膜を結晶化することにより優れた結晶性及びリッジの少ない表面を有する珪素膜が得られる。結晶構造が異なる第1の結晶性珪素膜と第2の結晶性珪素膜とを薄膜トランジスタの活性層として用いる。

(A) 第1の非晶質珪素膜の形成



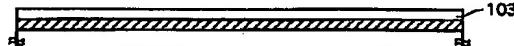
(B) 結晶化のための加熱工程



(C) 表面のエッティング工程



(D) 第2の非晶質珪素膜の形成



(E) 結晶化のためのレーザー照射工程



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成する工程と、加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を得る工程と、前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を得る工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成する工程と、加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を得る工程と、前記第1の結晶性珪素膜の表面をエッチングする工程と、前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を得る工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】請求項2において、前記エッチングのエッチャントとしてフッ酸を含むエッチャントを用いることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成する工程と、前記第1の非晶質珪素膜中に珪素の結晶化を助長する金属元素を導入する工程と、加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を得る工程と、前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を得る工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】請求項4において、珪素の結晶化を助長する金属元素としてFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Ag、Auから選ばれた一種類または複数種類の元素が利用されることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】請求項4において、珪素の結晶化を助長する金属元素としてニッケルが利用されることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】請求項1乃至6において、第2の非晶質珪素膜の結晶化は、第1の結晶性珪素膜の表面を結晶成長の核としていることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項8】請求項1乃至7において、エネルギーを与える方法として、レーザー光の照射する方法を利用するることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項9】請求項1乃至8において、エネルギーを与える方法として、レーザー光の照射と同時にまたは段階的に、強光の照射、加熱から選ばれた1種類または複数種類の方法を利用することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項10】請求項8または請求項9において、前記レーザー光の照射エネルギー密度は、100～300m

J/cm<sup>2</sup>であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項11】絶縁基板上に、半導体薄膜からなる活性層、ゲート絶縁膜、ゲート電極を有する半導体装置において、前記活性層は、第1の結晶性珪素膜と、該珪素膜に積層された第2の結晶性珪素膜とからなる積層構造を有しており、前記第1の結晶性珪素膜は、加熱により結晶化された結晶構造を有し、前記第2の結晶性珪素膜は、レーザー光の照射により結晶化された結晶構造を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項12】請求項11において、加熱により結晶化された結晶構造は、細い棒状結晶または偏平棒状結晶からなることを特徴とする半導体装置。

【請求項13】請求項11において、加熱により結晶化された結晶構造は、細い棒状結晶または偏平棒状結晶が間隔を置いて平行または概略平行に成長した結晶構造であることを特徴とする半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本明細書で開示する発明は、絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜およびそれを活性層とする半導体装置の作製方法に関する。特に、半導体薄膜として珪素（シリコン）を主成分とする非晶質半導体薄膜を結晶化した薄膜を利用する。

【0002】また、薄膜トランジスタの如き半導体装置で構成された半導体回路および電気光学装置並びにそれらを搭載した電子機器の構成に関する。

【0003】なお、本明細書中では上記薄膜トランジスタ、半導体回路、電気光学装置および電子機器を全て「半導体装置」に範疇に含めて扱う。即ち、半導体特性を利用して機能しうる装置全てを半導体装置と呼ぶ。従って、上記特許請求の範囲に記載された半導体装置は、薄膜トランジスタ等の単体素子だけでなく、それを集積化した半導体回路や電気光学装置およびそれらを部品として搭載した電子機器をも包含する。

## 【0004】

【従来の技術】近年、絶縁表面を有する基板上に形成された半導体薄膜（厚さ数十～数百nm程度）を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を構成する技術が注目されている。薄膜トランジスタは特に画像表示装置（例えは液晶表示装置）のスイッチング素子としての開発が急がれている。

【0005】例えば、液晶表示装置においてはマトリクス状に配列された画素領域を個々に制御する画素マトリクス回路、画素マトリクス回路を制御する駆動回路、さらに外部からのデータ信号を処理するロジック回路（演算回路、メモリ回路、クロックジェネレータなど）等のあらゆる電気回路にTFTを応用する試みがなされている。

【0006】現状においては、活性層として非晶質珪素

膜（アモルファスシリコン膜）を用いたTFTが実用化されているが、駆動回路やロジック回路などの様に、さらなる高速動作性能を求められる電気回路には、結晶性珪素膜（ポリシリコン膜等）を利用したTFTが必要とされる。

【0007】従来、結晶性珪素膜は、絶縁表面を有する基板上または絶縁表面を有する下地膜上に非晶質珪素膜をプラズマCVD法や減圧CVD法で成膜した後、加熱処理またはレーザー光の照射または強光の照射を行うことで結晶化させることにより得られている。

【0008】上記従来の結晶性珪素膜を得る方法のうち、レーザー光の照射による方法により得られる膜質は、他の方法と比較して良好であり、また、スループットが高く、基板に熱的なダメージを与えない利点を有しているので、多用されている。

【0009】しかしながら、このレーザー光の照射による方法は、非晶質珪素膜の膜厚が100nm以下であると、得られる結晶性珪素膜の表面にリッジ（凹凸）が多数形成され、膜質が低下してしまう。即ち、珪素膜にレーザー光を照射すると、珪素膜が瞬間に溶解されて、局所的に膨張し、この膨張によって生じる内部応力を緩和するために、得られる結晶性珪素膜の表面にリッジ（凹凸）が形成される。また、このリッジの高低差は、膜厚の1/2～1倍程度である。

【0010】絶縁ゲート型の半導体装置において、結晶性珪素膜表面のリッジには、ダンギングボンドや格子の歪み等に起因するボテンシャル障壁やトラップ準位が形成されるため、活性層とゲート絶縁膜との界面準位を高くしてしまう。また、リッジの頂上部は急峻であるために電界が集中しやすく、このためリーク電流の発生源となり、最終的には絶縁破壊を生じ、ショートしてしまう。加えて、結晶性珪素膜表面のリッジは、スパッタ法やCVD法により堆積されるゲート絶縁膜の被覆性を損なうものであり、絶縁不良等の信頼性を低下させる。このように、結晶性珪素膜の表面のリッジがTFTの特性すべてに影響を与え、歩留りまで変わってしまう。

【0011】また、このレーザー光の照射による方法は、特に良好な結晶性を得るような条件で不安定になりやすく、さらに、十分結晶化させるため、レーザー光のエネルギー密度を上げるとリッジが増加し、膜表面が荒れる傾向がある。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前記問題点を解消して、高い結晶性を有し、且つ、リッジ（凹凸）の少ない平坦な表面を有する結晶性珪素膜を用いた高い特性を有する半導体装置およびその作製方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本明細書で開示する本発明の第1の構成は、絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を

形成する工程と、加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を得る工程と、前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を得る工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0014】更に、本発明の第2の構成は、絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成する工程と、加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を得る工程と、前記第1の結晶性珪素膜の表面をエッチングする工程と、前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を得る工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0015】また、上記第2の構成において、前記エッチングのエッチャントとしてフッ酸を含むエッチャントを用いることを特徴としている。

【0016】更に、本発明の第3の構成は、絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成する工程と、前記第1の非晶質珪素膜中に珪素の結晶化を助長する金属元素を導入する工程と、加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を得る工程と、前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成する工程と、エネルギーを与えることにより、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を得る工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0017】また、上記第3の構成において、珪素の結晶化を助長する金属元素としてFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Ag、Auから選ばれた一種類または複数種類の元素が利用されることを特徴としている。

【0018】また、上記第3の構成において、珪素の結晶化を助長する金属元素としてニッケルが利用されることが好ましい。

【0019】また、上記各構成において、第2の非晶質珪素膜の結晶化は、第1の結晶性珪素膜の表面を結晶成長の核としていることを特徴としている。

【0020】また、上記各構成において、エネルギーを与える方法として、レーザー光の照射する方法を利用する特徴としている。また、エネルギーを与える方法として、レーザー光の照射と同時にまたは段階的に、強光の照射、加熱から選ばれた1種類または複数種類の方法を利用することが好ましい。また、上記各構成において、前記レーザー光の照射エネルギー密度は、100～300mJ/cm<sup>2</sup>が好ましい。

【0021】更に、本発明の第4の構成は、絶縁基板上に、半導体薄膜からなる活性層、ゲート絶縁膜、ゲート

電極を有する半導体装置において、前記活性層は、第1の結晶性珪素膜と、該珪素膜に積層された第2の結晶性珪素膜とからなる積層構造を有しており、前記第1の結晶性珪素膜は、加熱により結晶化された結晶構造を有し、前記第2の結晶性珪素膜は、レーザー光の照射により結晶化された結晶構造を有することを特徴とする半導体装置である。

【0022】上記第4の構成において、加熱により結晶化された結晶構造は、細い棒状結晶または偏平棒状結晶からなることを特徴としている。

【0023】また、上記第4の構成において、加熱により結晶化された結晶構造は、細い棒状結晶または偏平棒状結晶が間隔を置いて平行または概略平行に成長した結晶構造であることを特徴としている。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明においては、公知の如何なる手段を用いて第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を形成してもよいが、加熱処理による結晶化が好ましい。こうして得られた第1の結晶性珪素膜を下地としてその上に、第2の非晶質珪素膜を形成し、レーザー光の照射により第2の結晶性珪素膜を形成することで良好な平坦性が得られる。また、このレーザー光の照射の際、被照射領域を450°C～基板の歪点温度の範囲で加熱して、さらに良好な結晶性を得る工程としてもよい。

【0025】本発明は、この第1の結晶性珪素膜の表面を結晶成長の核として、第2の結晶性珪素膜をレーザー光の照射により得ることを特徴としている。そのため、第2の結晶性珪素膜は、第1の結晶性珪素膜の表面に左右される。即ち、第1の結晶性珪素膜表面が核として優れたものを用いれば、優秀な結晶性及び平坦性を有する第2の結晶性珪素膜を得ることができる。そのため、第2の非晶質珪素膜を形成する際に、第1の結晶性珪素膜表面をエッティングして優れた表面を形成することが好ましい。または、第1の非晶質珪素膜の結晶化処理直後の優れた表面を維持したまま第2の非晶質珪素膜を成膜することが好ましい。こうして得られた2層の結晶性珪素膜を薄膜トランジスタの活性層に用いることにより、優れた特性を有する半導体装置が得られる。

【0026】 $\text{SiO}_2$ 等の絶縁膜上に形成された非晶質珪素膜をレーザー光の照射によって結晶化させた従来の結晶性珪素膜と比較して、本発明は、よりリッジの少ない平坦な表面を有する良好な結晶性珪素膜を得ることができる。

【0027】なお、第1の非晶質珪素膜と第2の非晶質珪素膜の膜質はほぼ同一であるが、第1の結晶性珪素膜と第2の結晶性珪素膜は、結晶粒界、即ち結晶構造等が異なっていることが本発明の特徴の1つである。

【0028】このことはセコエッティング(エッチャントとして、 $\text{HF} = 50 \text{ c.c.}$ 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = 1.14$

$\text{g}$ 、 $\text{H}_2\text{O} = 25 \text{ c.c.}$ を混合した溶液)により確認することができる。このセコエッティングを行うと、SEM観察等により表面の欠陥及び結晶粒界を観察することができる。

【0029】即ち、加熱処理により結晶化された第1の結晶性珪素膜の表面構造は、図14(A)にその1例が示されているように、不規則な結晶構造を有しており、各結晶に規則性はない。図14(A)は、熱処理(600°C、24時間)のみにより得た結晶性珪素膜にセコエッティングを行った表面のSEM観察写真である。

【0030】また、第1の結晶性珪素膜を触媒元素の添加を用いて加熱処理により結晶化させた場合(特開平7-130652号公報の実施例1の技術内容を利用)は、図示しないが、膜全面において無数の点中心から放射状に成長し、放射状の各結晶は結晶格子が連続的に連なって棒状に成長している。

【0031】また、第1の結晶性珪素膜を触媒元素の添加を用いて加熱処理により結晶化させた場合(特開平7-130652号公報の実施例2の技術内容を利用)は、図示しないが、結晶格子の構造がほぼ特定方向に連続的に連なっており、細い棒状結晶又は細い偏平棒状結晶に成長している。

【0032】これら上記第1の結晶性珪素膜に対して、第2の結晶性珪素膜の表面における結晶構造は、全く異なる。図14(B)は、レーザー光の照射( $340 \text{ mJ/cm}^2$ )により得た従来の結晶性珪素膜にセコエッティングを行った表面のSEM観察写真である。図14(B)にそのパターンの1例が示されているように、規則的な(亀甲模様のような)結晶粒界を有している。

【0033】そして、本発明の第2の結晶性珪素膜は、従来(図14(B))よりもリッジが少なく良好な平坦性を有していることを特徴としている。

【0034】本明細書中では、加熱により結晶化された結晶構造とは、図14(A)のパターンを1例とする構造を示している。即ち、結晶構造における各結晶は、不規則的な結晶粒、または細い棒状結晶粒又は細い偏平棒状結晶粒で構成されている。

【0035】また、本明細書中では、レーザー光の照射により結晶化された結晶構造とは、図14(B)のパターンを1例とするような構造を示している。即ち、結晶構造における規則的な(亀甲模様のような)結晶粒で構成されている。

【0036】上記本発明の構成に対応する実施例を以下に示し、詳細な説明を行うこととする。

【0037】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明するが、この実施例に限定されることは勿論である。

【実施例1】本実施例においては、加熱処理により得た第1の結晶性珪素膜上に第2の結晶性珪素膜を得る工程を図1を用いて示す。

【0038】まず、基板は耐熱性の高い基板100（本実施例では石英基板）を用意し、その基板上には、図示しないが、下地膜として300nm厚の絶縁性珪素膜を形成する。絶縁性珪素膜とは、酸化珪素膜（SiO<sub>x</sub>）、窒化珪素膜（Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>）、酸化窒化珪素膜（SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>）のいずれか若しくはそれらの積層膜である。ただし、基板表面が十分な平坦性と絶縁性を有している基板であれば、下地膜を形成しない構成としてもよい。

【0039】また、歪点が750℃以上であればガラス基板（代表的には結晶化ガラス、ガラスセラミクス等と呼ばれる材料）を利用することができる。その場合には

成膜温度：465℃

成膜圧力：0.5torr

成膜ガス：He（ヘリウム）300sccm

Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>（ジシラン）250sccm

【0041】なお、成膜に際して膜中の不純物濃度の管理を徹底的に行うことが重要である。本実施例の場合、第1の非晶質珪素膜101中では結晶化を阻害する不純物であるC（炭素）及びN（窒素）の濃度はいずれも $5 \times 10^{18}$ atoms/cm<sup>3</sup>未満（代表的には $5 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下、好ましくは $2 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下）、O（酸素）は $1.5 \times 10^{19}$ atoms/cm<sup>3</sup>未満（代表的には $1 \times 10^{18}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下、好ましくは $5 \times 10^{17}$ atoms/cm<sup>3</sup>以下）となるように管理する。なぜならば各不純物がこれ以上の濃度で存在すると、後の結晶化の際に悪影響を及ぼし、結晶化後の膜質を低下させる原因となるからである。

【0042】上記構成を得るため、本実施例で用いる減圧熱CVD炉は定期的にドライクリーニングを行い、成膜室の清浄化を図ることが望ましい。ドライクリーニングは、200～400℃程度に加熱した炉内に100～300sccmのClF<sub>3</sub>（フッ化塩素）ガスを流し、熱分解によって生成したフッ素によって成膜室のクリーニングを行えば良い。

【0043】なお、本発明者らの知見によれば炉内温度300℃とし、ClF<sub>3</sub>（フッ化塩素）ガスの流量を300sccmとした場合、約2μm厚の付着物（主に珪素を主成分する）を4時間で完全に除去することができる。

【0044】また、第1の非晶質珪素膜101中の水素濃度も非常に重要なパラメータであり、水素含有量を低く抑えた方が結晶性の良い膜が得られる様である。そのため、非晶質珪素膜101の成膜は減圧熱CVD法であることが好ましい。なお、成膜条件を最適化することでプラズマCVD法を用いることも可能である。この後、450℃、1時間程度の水素出しを行うことが好ましい。

【0045】次に、第1の非晶質珪素膜101の結晶化を加熱処理によって行う。この加熱処理は、不活性雰囲気、水素雰囲気または酸素雰囲気中における500～1

下地膜を減圧熱CVD法で設けて基板全面を絶縁性珪素膜で囲む様にするとガラス基板からの成分物質の流出を抑えられて効果的である。また、基板全面を非晶質珪素膜で覆い、それを完全に熱酸化膜に変成させる手段もとれる。

【0040】次に、下地膜または基板上に第1の非晶質珪素膜101を下記条件に従って形成する。第1の非晶質珪素膜101をプラズマCVD法やLPCVD法により10nm～100nm（代表的には、30～60nm）、本実施例ではLPCVD法で30nmの第1の非晶質珪素膜101を、下記条件に従って形成する。【図1（A）】

000℃の温度で12～72時間の加熱処理である。この加熱の温度は高いほど効果が大きいが、基板の耐熱性を考慮すると、使用する基板の歪点温度以下とする必要がある。なお、基板として石英基板や半導体基板等の耐熱性を有するものを用いた場合は、800℃～1000℃程度の加熱処理が可能である。従って、本実施例においては、窒素雰囲気で600℃、24時間、その後さらに、800℃～1000℃の加熱を1～5時間の加熱処理により第1の結晶性珪素膜102を得る。【図1（B）】さらに、この工程の後に結晶性を改善させる必要があれば、レーザーアニールを行ってもよい。

【0046】加熱処理による結晶化が終了したら、フッ酸を含むエッチャントを用いてエッチングを行い、表面の不純物を取り除く工程を加える構成とすることが好ましい。【図1（C）】露呈した第1の結晶性珪素膜の表面をフッ酸系のエッチャント（フッ素と水素とを含む必要がある）、例えばフッ酸、または、バッファーフッ酸、または、FPM（フッ酸と過水と水を混合した溶液）によって洗浄する必要がある。これは、第1の結晶性珪素膜の表面に形成される酸化膜やその他炭素や窒素を含んだ膜を除去（エッチャント）するためである。これらの膜は、後の工程である第2の非晶質珪素膜の結晶化を阻害する可能性がある。また、バッファーフッ酸やFPMによって、珪素膜の表面を洗浄した場合、その表面には、水素が吸着し、表面の珪素原子の不対結合手を中和することができる。そして、酸化やその他化合物の膜が形成されることを防ぐことができる。

【0047】次に、第1の結晶性珪素膜上または、表面の酸化物を除去した第1の結晶性珪素膜上に、第2の非晶質珪素膜103を形成する。【図1（D）】この第2の非晶質珪素膜は、第1の非晶質珪素膜と同一の作製条件によって得ることが好ましい。本実施例においては、LPCVD法により10nm～100nm（代表的には、30～60nm）、本実施例では30nmの第2の

非晶質珪素膜を形成する。LPCVD法により得られる非晶質珪素膜は、プラズマCVD法よりも水素元素の含有率が低いため好ましく、良好な膜質を得ることができる。なお、成膜条件を最適化することでプラズマCVD法を用いることも可能である。

【0048】次に、得られた第2の非晶質珪素膜に対してレーザー光を用いて結晶化する。【図1(E)】レーザー光は、紫外領域以下の波長を有するパルス発振レーザー、例えばKrFエキシマレーザーやXeClエキシマレーザーを用いることが好ましい。本実施例では、XeClエキシマレーザー(波長308nm)を発振するものを用いる。被照射面における線状レーザービームのエネルギー密度は、100~500mJ/cm<sup>2</sup>、好ましくは、100~300mJ/cm<sup>2</sup>、本実施例では300mJ/cm<sup>2</sup>で照射して結晶化している。レーザーの発振周波数は30Hzとし、被照射物の1点に注目すると、10ショットのレーザービームが照射される。前記ショット数は5ショットから50ショットの範囲で適当に選択する。このレーザーの照射の際、被照射領域を450℃~基板の歪点温度の範囲で加熱し、さらに良好な結晶性を得る工程を加えてもよい。

【0049】このレーザーの照射処理により、102の部分が結晶核となり、結晶成長が進行する。このレーザーの照射処理によって、103で示される第2の非晶質珪素膜が結晶化される。この膜は、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる第1の結晶性珪素膜102の表面が核となることによる結晶成長であって、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる第2の結晶性珪素膜104が形成される。

【0050】また、第2の非晶質珪素膜103を結晶化すると同時に、第1の結晶性珪素膜102にレーザーアニール処理が施され、第1の結晶性珪素膜の結晶性が改善される。

【0051】この第2の結晶性珪素膜104の結晶構造は、核となる第1の結晶性珪素膜の表面の結晶構造及び出発膜である非晶質珪素膜103の成膜条件や結晶化の方法によって異なるものとなる。特に、本実施例の第1の結晶性珪素膜中の結晶粒は図14(A)に示すような形状をしているが、第2の結晶性珪素膜は、図14(B)に示すような結晶構造と近似の結晶構造を有する。第2の結晶性珪素膜のほうが結晶粒が比較的均一である。

【0052】以上の工程により得られる第2の結晶性珪素膜104は、リッジの少ない良好な表面を有している。

【0053】【実施例2】本実施例においては、結晶化を促進させる触媒元素を添加し、実施例1と比較して低温での加熱処理により得た第1の結晶性珪素膜上に第2の結晶性珪素膜を得る工程を図2を用いて示す。

【0054】第1の結晶性珪素膜の結晶化の手段として

は本発明者による特開平7-130652号公報記載の技術を用いる。同公報の実施例1および同公報の実施例2のどちらの手段でも良いが、本実施例では同公報の実施例1に記載した技術内容を利用した例を示す。

【0055】まず、基板200(コーニング1737)上に下地酸化膜として、酸化珪素膜(図示しない)をスペッタ法により100~500nm、例えば、400nmに形成した。この酸化珪素膜は、ガラス基板からの不純物の拡散を防ぐために設けられる。そして、第1の非晶質珪素膜をプラズマCVD法やLPCVD法により30~100nmに形成した。ここでは、膜中の水素含有率が低いLPCVD法によって第1の非晶質珪素膜201を30nmの厚さに成膜した。【図2(A)】

【0056】その後、第1の非晶質珪素膜201上に數~数十Åのニッケルもしくはニッケル化合物を含む層(ニッケル含有層205)を形成する。ニッケル含有層205を作製するには、ニッケルを含有した溶液を塗布したのち、乾燥させる方法(例えば、スピントーニング法や、ディッピング法)や、ニッケルもしくはニッケル化合物をスペッタリング法によって成膜する方法、あるいは、ガス状の有機ニッケルを熱・光やプラズマによって分解・堆積させる方法(気相成長法)によって形成すればよい。ここでは、スピントーニング法によって成膜した。【図2(B)】

【0057】本実施例では、結晶化を促進させる触媒元素としてニッケルを用いているが、特に限定されず、珪素の結晶化を助長する触媒元素としてFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Ag、Auから選ばれた一種類または複数種類の元素が利用することができる。

【0058】次に、第1の非晶質珪素膜201上に、酸素雰囲気中でのUV光の照射、熱酸化法、過酸化水素による処理等によって、酸化膜を1~5nmに成膜する。ここでは、酸素雰囲気中でのUV光の照射により酸化膜を2nmに成膜した。この酸化膜は、後のニッケルを含んだ酢酸塩溶液を塗布する工程で、第1の非晶質珪素膜の表面全体に酢酸塩溶液を行き渡らせるため、即ち濡れ性の改善のためのものである。

【0059】つぎに、酢酸塩溶液中にニッケルを添加した酢酸塩溶液を作製した。ニッケルの濃度は25ppmとした。そして、回転させた基板上にこの酢酸塩溶液を基板表面に2ml滴下し、この状態を5分間保持してこの酢酸ニッケル溶液を均一に基板上に行き渡らせた。その後、基板の回転数を上げてスピンドライ(2000rpm、60秒)をおこなった。

【0060】酢酸溶液におけるニッケルの濃度は、1ppm以上であれば実用になる。このニッケル溶液の塗布工程を、1回~複数回行なうことにより、スピンドライ後の第1の非晶質珪素膜の表面に20Åの平均の膜厚を有する酢酸ニッケル層205を形成することができ

た。なお、この層というのは、完全な膜になっているとは限らない。他のニッケル化合物を用いても同様にできる。

【0061】その後、加熱炉において、窒素雰囲気中にいて550℃、4時間の加熱処理をおこない結晶化させた。この結果、基板上に第1の結晶性珪素膜202を得ることができた。【図2(C)】

【0062】この後の工程に、バッファーフィッシュ酸を用いて第1の結晶性珪素膜202上の酸化膜を除去する工程を加え、第1の結晶性珪素膜202の表面を良好な結晶核とすることが好ましい。

【0063】そして、第1の結晶性珪素膜、または、表面の酸化膜を除去された第1の結晶性珪素膜に第2の非晶質珪素膜203をプラズマCVD法によって、30～100nm、例えば、30nmに成膜した。【図2(D)】この第2の非晶質珪素膜203は、第1の非晶質珪素膜と同一の作製条件によって得ることが好ましいが、特に限定されず、同一の作製工程でなくともよい。

【0064】その後、レーザー照射による結晶化処理をおこなった。レーザー光は、紫外領域以下の波長を有するパルス発振レーザーを用いることが好ましい。例えばKrFエキシマレーザーやXeClエキシマレーザーを用いることが好ましい。レーザー光の照射エネルギー密度は130～300mJ/cm<sup>2</sup>、好ましくは、180～230mJ/cm<sup>2</sup>、本実施例ではKrF(波長248nm、パルス幅20nsec)のエキシマレーザーを用い、230mJ/cm<sup>2</sup>で照射して結晶化している。

【0065】またレーザー光の照射の際に、試料(基板)または被照射面を400℃～ガラス基板の歪点、あるいは400℃～非晶質珪素膜の結晶化温度に加熱する工程を加えてもよい。この温度は、出来うるかぎり高い温度とすることが望ましい。この加熱は、レーザー光の照射に従う、急激な相変化を抑制し、結晶粒界や欠陥が形成されるのを防ぐことに非常に効果がある。

【0066】以上の工程により、第1の結晶性珪素膜上にリッジの少ない膜表面を有する良好な第2の結晶性珪素膜204を得ることができた。【図2(E)】

【0067】ここで、第1の結晶性珪素膜202には、結晶化をおこなう際に添加したニッケルが不純物として存在しているが、第2の結晶性珪素膜204には不純物(ニッケル等)が殆ど含まれておらず、デバイス特性のよい半導体層が得られる。また、第2の結晶性珪素膜の結晶成長は、下地である第2の結晶性珪素膜の表面を結晶成長の核としている。ここでは、第1の結晶性珪素膜が縦成長である。第2の結晶性珪素膜は第1の結晶性珪素膜の表面からの影響を受けているが、結晶化方法が異なるため結晶構造は異なっている。特に、第1の結晶性珪素膜202は、膜全面において無数の点中心から放射状に成長し、放射状の各結晶は結晶格子が連続的に連なって棒状に成長している。一方、第2の結晶性珪素膜

は、図14(B)に示すような(結晶粒界が亀甲模様である)結晶構造と近似の結晶構造を有する。

【0068】【実施例3】本実施例においては、実施例2と比較して結晶化を促進させる触媒元素の添加方法の異なる方法(本発明者による特開平7-130652号公報の実施例2に記載した技術内容(特開平8-78329号公報に詳しい))を用い、加熱処理により得た第1の結晶性珪素膜上に第2の結晶性珪素膜を得る工程を図3を用いて示す。

【0069】まず、基板300上に下地酸化膜(図示しない)として、酸化珪素膜をTEOSをプラズマCVD法によって、堆積・分解して500nmに形成した。そして、第1の非晶質珪素膜301をLPCVD法によって30nmの膜厚に成膜した。【図3(A)】

【0070】次に、第1の非晶質珪素膜301の結晶化工程を特開平8-78329号公報記載の技術を用いて行う。前記公報記載の技術は、まず触媒元素の添加領域を選択するマスク絶縁膜306を形成する。そして、第1の非晶質珪素膜301の結晶化を助長する触媒元素としてニッケル(Ni)を含有した溶液をスピンドルコート法により塗布し、Ni含有層305を形成する。【図3(B)】

【0071】なお、触媒元素としてはニッケル以外にも、コバルト(Co)、鉄(Fe)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銅(Cu)、金(Au)、ゲルマニウム(Ge)、鉛(Pb)、インジウム(In)等を用いることができる。

【0072】また、上記触媒元素の添加工程はスピンドルコート法に限らず、レジストマスクを利用したイオン注入法またはプラズマドーピング法を用いることもできる。この場合、添加領域の占有面積の低減、横成長領域の成長距離の制御が容易となるので、微細化した回路を構成する際に有効な技術となる。

【0073】次に、触媒元素の添加工程が終了したら、450℃、1時間程度の水素出しの後、不活性雰囲気、水素雰囲気または酸素雰囲気において500～700℃(代表的には550～650℃)の温度で4～24時間の加熱処理を加えて第1の非晶質珪素膜301の結晶化を行う。本実施例では窒素雰囲気で570℃、14時間の加熱処理を行う。【図3(C)】

【0074】この時、第1の非晶質珪素膜301の結晶化はニッケルを添加した領域307で発生した核から優先的に進行し、基板300の基板面に対してほぼ平行に成長した結晶領域302が形成される。本発明者らはこの結晶領域302を横成長領域と呼んでいる。横成長領域302は比較的揃った状態で個々の結晶が集合しているため、全体的な結晶性に優れるという利点がある。しかしながら、本実施例では、実施例2のように第1の非晶質珪素膜表面全体が結晶化するのではなく、結晶化されていない部分も存在している。即ち、必要な箇所だけ選択的に結晶化させており、添加するニッケルの量を最

低限必要な量にしている。

【0075】結晶化のための加熱処理が終了後、第1の結晶性珪素膜上に残存するニッケル含有層を塩素系のエッチャントで除去する工程を加えることが好ましい。そして、マスク絶縁膜306はバッファフッ酸で除去した。【図3(D)】

【0076】そして、第1の結晶性珪素膜、または、表面の酸化膜を除去された第1の結晶性珪素膜に第2の非晶質珪素膜303をプラズマCVD法によって、20～100nm、代表的には、20～60nm、本実施例では、25nmに成膜した。【図3(E)】この第2の非晶質珪素膜は、第1の非晶質珪素膜と同一の作製条件によって得ることが好ましいが、特に限定されず、同一の作製工程でなくともよい。

【0077】その後、レーザー結晶化処理をおこなった。レーザー光は、紫外領域以下の波長を有するパルス発振レーザーを用いることが好ましい。例えばKrFエキシマレーザーやXeClエキシマレーザーを用いることが好ましい。本実施例では、XeClエキシマレーザー(波長308nm)を発振するものを用いる。被照射面における線状レーザービームのエネルギー密度は、100～500mJ/cm<sup>2</sup>、好ましくは、130～300mJ/cm<sup>2</sup>、本実施例では180mJ/cm<sup>2</sup>で照射して結晶化している。

【0078】またレーザー光の照射の際に、試料(基板)または被照射面を400℃～ガラス基板の歪点、あるいは400℃～非晶質珪素膜の結晶化温度に加熱する工程を加えてもよい。この工程の温度は、出来うるかぎり高い温度とすることが望ましい。

【0079】以上の工程により、横成長領域302上にリッジの少ない膜表面を有する良好な第2の結晶性珪素膜304を得ることができた。【図3(F)】

【0080】ここで、実施例2と比較して、第1の結晶性珪素膜(横成長領域302)には不純物として存在しているニッケルが少なく、さらに、第2の結晶性珪素膜304には不純物(ニッケル等)が殆ど含まれておらず、デバイス特性のよい半導体層が得られる。また、第2の結晶性珪素膜304の結晶成長は、下地である珪素膜の表面で結晶化している箇所(横成長領域302)を結晶成長の核としている。第2の結晶性珪素膜304は横成長領域302の表面からの影響を受けているが、結晶化方法が異なるため結晶構造は異なっている。特に、横成長領域302中の結晶は、結晶格子の構造がほぼ特定方向に連続的に連なっており、細い棒状結晶又は細い偏平棒状結晶に成長している。一方、第2の結晶性珪素膜は、図14(B)に示すような結晶構造と近似の結晶構造を有する。

【0081】【実施例4】本実施例では、上記実施例3において、第1の結晶性珪素膜を得た後、ニッケル元素をリン元素を用いてゲッタリングした例を図4に示す。

実施例3記載の図3(D)と対応して図4(A)は同一である。また、第1の結晶性珪素膜を得る工程までは、実施例3と同一工程であるため記載を省略する。なお、説明には図4を用いるが、必要に応じて前述の符号を用いて説明する。

【0082】横成長領域302を得た後、リンを用いたゲッタリング手段[500～700℃の加熱処理](特願平9-65406号)で結晶化に利用した触媒元素を低減させる。

【0083】リン元素を用いる場合、活性層となる領域以外の領域にリンを添加する。401はリンが添加された領域である。リンの添加方法としては、まず、図4(B)のように、活性層となる領域を覆うレジスト405を形成する。次に、リンイオンをイオンドーピング法またはスピノコーティングによる溶液塗布によって注入する。【図4(C)】

【0084】その後、400～1050℃(好ましくは600～750℃)の温度で、1min～20hr(典型的には30min～3hr)の加熱処理を行う。【図4(D)】この加熱処理によりリンを添加した領域に触媒元素がゲッタリングされるので、活性層中の触媒元素の濃度は5×10<sup>17</sup>atoms/cm<sup>3</sup>以下にまで低減される。これらの元素の濃度は、SIMS(2次イオン分析方法)で計測される最小値として定義される。

【0085】こうしてゲッタリング工程を終えたら、リンを添加した領域以外の領域402を利用して結晶核となる第1の結晶性珪素膜の島領域406を形成する。

【図4(E)】

【0086】その後は、実施例3の工程に従い、第2の非晶質珪素膜403を形成し【図4(F)】、この第2の非晶質珪素膜の結晶化をレーザー照射により行うことで、リッジが少ない表面を有し、且つ、良好な結晶性を有する第2の結晶性珪素膜404が得られる。【図4(G)】ここで得られる第2の結晶性珪素膜は、実施例2及び3と比較して、第1層の結晶性珪素膜には不純物として存在しているニッケルが少なく、さらに、第2層の結晶性珪素膜には不純物が含まれておらず、デバイス特性のよい半導体層が得られる。また、第2の結晶性珪素膜の結晶成長は、下地である第1の結晶性珪素膜の島領域406の表面で結晶化している箇所を結晶成長の核としている。

【0087】また、ニッケル元素をゲッタリングする他の手段としてハロゲン元素を含む雰囲気中で(700℃～1000℃の)加熱処理を(特願平8-301249号)を行って触媒元素を低減してもよい。

【0088】【実施例5】本実施例5は、上記実施例1～3で得られる第1の結晶性珪素膜または横成長領域にパターニングを行い、結晶核となる第1の結晶性珪素膜の島領域を形成する場合の例である。第1の結晶化処理工程と第2の非晶質珪素膜の成膜工程との間にパター

ング工程を加えることは、第1の結晶性珪素膜表面の不純物が増加することにつながるため好ましくないが、エッティング工程を加えて不純物を除去することが好ましい。本実施例では、結晶核となる第1の結晶性珪素膜の島領域を形成した場合、第2の非晶質珪素膜を選択的に結晶化させることができる。従って、単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を選択的に結晶核部分とすることができるため、必要な箇所に良好な結晶性を有する第2の結晶性珪素膜を得ることができる。従って、本実施例で得られる第2の結晶性珪素膜の全面において、均一な結晶性を有していない。

【0089】〔実施例6〕本実施例6は、上記各実施例1～5におけるレーザー光に代えて赤外線ランプを利用して第2の結晶性珪素膜を得た場合の例である。赤外線を用いた場合、基板をあまり加熱せずに珪素膜を選択的に加熱することができる。従って、基板に対して熱的ダメージを与えることなく効果的な加熱処理を行うことができる。

【0090】〔実施例7〕本実施例では上記各実施例において得られた第1の結晶性珪素膜（または横成長領域）及び第2の結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを完成させるが、本実施例に示す工程は一例であり、本実施例の工程に限定されることはいうまでもない。なお、説明には図5及び図6を用いるが、必要に応じて前述の符号を用いて説明する。

【0091】まず、上記各実施例において得られた第1の結晶性珪素膜（または横成長領域）及び第2の結晶性珪素膜を図5（A）に示すようにパターニングを行い、第1の島状半導体層106、第2の島状半導体層105を形成する。

【0092】次に図5（B）に示すようにゲート絶縁膜107として機能する酸化珪素膜を形成する。この酸化珪素膜はプラズマCVD法やスパッタ法を用いて成膜する。本実施例では、その膜厚を150nmとする。

【0093】その後、熱酸化工程を行って、酸化珪素膜を得る工程を加えてもよい。

【0094】さらに、アルミニウムまたはアルミニウムを主成分とする材料（本実施例では2wt%のスカンジウムを含有したアルミニウム膜）を成膜し、パターニングしてゲート電極の原型108・配線を形成した。〔図5（C）〕ゲート配線は、シリコンや、タンクステン、チタン等の金属や、あるいはそれらの珪化物でもよい。ゲート電極をどのような材料で構成するかは、必要とされる半導体回路の特性や基板の耐熱温度等によって決定すればよい。本実施例においては、膜厚400nmとする。

【0095】次に、特開平7-135318号公報記載の技術により多孔性の陽極酸化膜109及び無孔性の陽極酸化膜110を形成する。〔図5（D）〕そして、これらの陽極酸化膜およびゲート電極111をマスクとし

て、ゲート絶縁層107をエッチングし、ゲート絶縁膜112を形成する。その後、多孔性の陽極酸化膜109を除去する。〔図6（A）〕

【0096】その後、セルフアライン的に、イオンドーピング法等の手段によりN型またはP型の不純物をシリコン・アイランドに導入し、2層のチャネル形成領域116a、116b、2層の低濃度不純物領域115a、115b、そして2層のソース領域113a、113b、2層のドレイン領域114a、114bを形成した。〔図6（B）〕

【0097】そして、公知の手段で、層間絶縁膜117を堆積した。本実施例においては、膜厚900nmとする。そして、これにコンタクトホールを開孔し、アルミニウム合金配線を形成してソース電極118及びドレン電極119を得た。最後に水素雰囲気中で350°C1時間程度の加熱処理を行い、素子全体の水素化を行う。こうして薄膜トランジスタ（TFT）が完成する。〔図6（C）〕

【0098】さらに、これらの上に、保護膜（パッシベーション膜）として、厚さ10～50nmの窒化珪素膜等をプラズマCVD法によって堆積し、これに、出力端子の配線に通じるコンタクトホールを開孔し、配線を形成する構成としてもよい。

【0099】〔実施例8〕本実施例では実施例7を用いて得られた半導体装置を利用して反射型液晶パネルを作製する工程例について説明する。

【0100】2層構造を有する結晶性珪素膜は実施例1乃至6で説明した作製工程に従って作製する。図7に示すのはアクティブマトリクス型液晶パネルの断面図であり、ドライバー回路やロジック回路を構成する領域にはCMOS回路を、画素マトリクス回路を構成する領域には画素TFTを示している。

【0101】CMOS回路はNチャネル型TFTとPチャネル型TFTとを相補的に組み合わせて作製する。CMOS回路を構成する個々のTFTの構成および作製方法は実施例7で説明したので省略する。また、画素TFTはドライバー回路等を構成するTFTにさらに工夫を加える必要がある。図7において701は窒化珪素膜であり、CMOS回路のパッシベーション膜を兼ねると同時に、補助容量を構成する絶縁体として機能する。

【0102】窒化珪素膜701上にはチタン膜702が形成され、チタン膜702とドレン電極703との間で補助容量が形成される。この時、絶縁体は比誘電率の高い窒化珪素膜であるので、容量を大きくすることができる。また、反射型では開口率を考慮する必要がないので、図7の様な構造としても問題がない。

【0103】次に、704は有機性樹脂膜でなる層間絶縁膜であり、本実施例ではポリイミドを用いている。この層間絶縁膜704は膜厚を2μm程度と厚くして十分な平坦性を確保しておくことが好ましい。こうすること

で、優れた平坦性を持つ画素電極705を形成することができる。

【0104】画素電極705はアルミニウムまたはアルミニウムを主成分とする材料で構成する。なるべく反射率の高い材料を用いる方が良い。また、優れた平坦性を確保しておくことで画素電極表面での乱反射損失を低減することができる。

【0105】画素電極705の上には配向膜706を形成する。配向膜706はラビングによって配向力を持たせる。以上がTFT側基板（アクティブマトリクス基板）の構成に関する説明である。

【0106】一方、対向基板側は、透過性基板707上に透明導電膜708、配向膜709を形成して構成される。これ以外にも必要に応じてブラックマスクやカラー・フィルターを設けることもできる。

【0107】そして、スペーサ散布、シール材印刷を行った後、液晶層710を封入して図7に示す様な構造の反射型液晶パネルが完成する。液晶層710は液晶の動作モード（ECBモード、ゲストホストモード等）によって自由に選定することができる。

【0108】また、図7に示した様な反射型液晶パネルを構成するアクティブマトリクス基板の外観を図8に簡略化して示す。図8において、801は実施例1の工程に従って熱酸化膜を設けたシリコン基板、802は画素マトリクス回路、803はソースドライバ回路、804はゲートドライバ回路、805はロジック回路である。

【0109】ロジック回路805は広義的にはTFTで構成される論理回路全てを含むが、ここでは從来から画素マトリクス回路、ドライバ回路と呼ばれている回路と区別するため、それ以外の信号処理回路（メモリ、D/Aコンバータ、クロックジェネレータ等）を指す。

【0110】また、こうして形成された液晶パネルには外部端子としてFPC（Flexible Print Circuit）端子が取り付けられる。一般的に液晶モジュールと呼ばれるのはFPCを取り付けた状態の液晶パネルである。

【0111】【実施例9】本実施例では実施例1乃至6で得られた2層構造を有する結晶性珪素膜を用いて、実施例7で作製したTFTを利用して透過型液晶パネルを作製する工程例について説明する。

【0112】ただし、基本的な構造は実施例7に示した反射型液晶パネルと同じであるので、構成の異なる点を特に説明する。

【0113】図9に示す透過型液晶パネルの場合、ブラックマスク901の構成が反射型液晶パネルと大きく異なる。即ち、透過型では開口率を稼ぐ必要があるのでTFT部および配線部以外は極力ブラックマスク901が重ならない様な構成とすることが重要である。

【0114】そのため、本実施例ではTFT部の上にドレイン電極902が重なる様に形成しておき、その上で

ブラックマスク901との間に補助容量を形成する。この様に、広い面積を占めやすい補助容量をTFTの上に形成することで開口率を広くすることが可能である。

【0115】また、903は画素電極となる透明導電膜である。透明導電膜903としてはITOが最も多用されるが、他の材料（酸化スズ系など）を用いても良い。

【0116】【実施例10】本実施例は、ゲイト電極として導電性を有する珪素膜を用いた、いわゆるシリコンゲートTFTに適用した場合の例である。本実施例のパネルは、実施例1で説明した2層の結晶性珪素膜を用いて作製されている。基本的な構成は実施例7で作製したTFTとほぼ同様であるので、相違点のみに着目して説明する。

【0117】図10において、11はNチャネル型TFTのゲイト電極、12はPチャネル型TFTのゲイト電極、13は画素TFTのゲイト電極である。ゲイト電極11～13はリンまたは砒素を添加したN型ポリシリコン膜、或いはボロンまたはインジウムを添加したP型ポリシリコンを用いる。

【0118】また、CMOS回路ではNチャネル型TFTにN型ポリシリコンゲイトを用い、Pチャネル型TFTにP型ポリシリコンゲイトを用いたデュアルゲイト型CMOS回路を構成しても良い。17は、2層構造の結晶性珪素膜の内、リッジの少ない表面を有した第2の結晶性珪素膜にN型を付与する不純物が添加されたソース領域の1部である。また、18は、2層構造の結晶性珪素膜の内、リッジの少ない表面を有した第2の結晶性珪素膜にP型を付与する不純物が添加されたドレイン領域の1部である。また、19は2層構造の結晶性珪素膜の内、リッジの少ない表面を有した第2の結晶性珪素膜を用いたチャネル領域の1部である。

【0119】この様にゲイト電極として珪素膜を用いる利点としては、耐熱性が高いこと、珪素膜であるので扱いが容易であることなどが挙げられる。また、金属膜との反応を利用してサリサイド構造（ポリサイド構造も含む）をとることができる。

【0120】そのためには、ゲイト電極11～13を形成した後にサイドウォール14～16を形成して、チタン、タンクステン等の金属膜（図示せず）を成膜し、加熱処理を行って金属シリサイドを形成する。図10において、この金属シリサイドは、ソース領域17、ドレイン領域18およびゲイト電極の一部に形成される。

【0121】この様にサイドウォール等を用いて自己整合的に金属シリサイドを形成する構造をサリサイド構造と呼ぶ。この様な構造とすると取り出し電極（ソース／ドレイン電極等）とのオーミック接触が良好なものとなるので有効である。

【0122】【実施例11】実施例1～4では、トップゲート型のTFT構造の一例を示したが、本実施例では、他のTFT構成として、ボトムゲート型TFTの例

を示す。この様な構造とすると第2の結晶性珪素膜からなるリッジの少ない活性層表面と取り出し電極（ソース／ドレイン電極等）とのオーミック接触が良好なものとなるので有効である。

【0123】まず、ガラス基板1100（または石英、シリコン基板）上に珪素を主成分とする絶縁膜でなる下地膜（図示しない）を形成する。その上に導電性膜でなるゲート電極（第1配線）を形成する。ここで、一回目のパターニング工程（ゲート電極1101形成）が行われる。

【0124】ゲート電極1101の膜厚としては、200～500nmが好ましい。本実施例では、300nm厚のTa膜を用いて形成した。このゲート電極1101としては、少なくとも600°C程度の温度に耐えうる耐熱性を有する材料（タンタル、タングステン、チタン、クロム、モリブデン、導電性シリコン、導電性ポリシリコン等）を用いることが可能である。

【0125】次に、窒化珪素膜、SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>で示される酸化窒化珪素膜または酸化珪素膜からなるゲート絶縁層1102（膜厚としては、10～200nmが好ましく、本実施例では、有機シランであるTEOSと酸素を混合してプラズマCVD法を利用して125nm厚の酸化窒化珪素膜を用いる）を形成した。【図11（A）】

【0126】この工程の後、実施例1～3と同様に、第1の非晶質珪素膜の成膜及び加熱結晶化【図11（B）】、第2の非晶質珪素膜の成膜及びレーザー結晶化【図11（C）】を行い、第1の結晶性珪素膜1103及びリッジの少ない第2の結晶性珪素膜1104を得る。

【0127】そして、パターニングを施し、所望の形状の活性層（第1の結晶性珪素膜からなる活性層1105、第2の結晶性珪素膜からなる活性層1106を得る。【図11（D）】

【0128】次に、低不純物領域を作製するために、第2の結晶性珪素膜からなる活性層1106を覆って、酸化珪素膜（好ましくは膜厚100～300nm、本実施例では、膜厚150nmとした）を成膜した後、パターニングを行い、チャネル形成領域を形成するためにドーピングマスク1107aを形成した。【図11（E）】

【0129】公知の如何なる方法を用いて低不純物領域及び高不純物領域を作製してもよいが、本実施例においては、ドーピングマスク1107aを用いて、第1回目のドーピングを公知の方法（例えばイオンドーピング法）によって行い、ドーピングマスク1107aに再度パターニングを施したドーピングマスク1107bを用いて、第2回目のドーピングを公知の方法（例えばイオンドーピング法）によって行う。こうして、低不純物領域1109a、1109b、ソース領域1108a、1108b、ドレイン領域1110a、1110b及びチャネル領域1111a、1111bを作製した。【図1

## 2 (A) ]

【0130】また、低抵抗領域及び高抵抗不純物領域を有するTFTを作製する場合は、公知の如何なる方法を用いて低抵抗領域及び高抵抗不純物領域を作製してもよいが、ドーピングマスクをマスクとして、不純物イオンのドーピングを行い、次に、ゲート電極をマスクとして基板裏面からレーザー光の照射を行い、不純物イオンを活性化させて、低抵抗領域及び高抵抗不純物領域を作製する工程を用いるとよい。

【0131】その後、保護膜（層間絶縁膜1114）を形成し、ゲート電極の取り出し配線電極とソース・ドレインの取り出し配線電極1112、1113を形成して、(Nチャネル型またはPチャネル型)ボトムゲート型ポリシリコン薄膜トランジスタが完成した。また、この保護膜は窒化珪素膜、酸化珪素膜、有機性樹脂膜、またはそれらの積層膜で構成してもよい。【図12

## (B) ]

【0132】【実施例12】実施例11では、ボトムゲート型のTFT構造の一例を示したが、本実施例では、他のTFTの構成として、チャネルエッチ型TFTの例を示す。実施例11との主な違いは、ドーピングマスクを設けない点である。

【0133】本実施例は、図11(D)に示される実施例11の工程まで同一の工程【ガラス基板1300（または石英基板）上に絶縁性を有する下地膜、その上に導電性膜でなるゲート電極1301、その上にゲート絶縁層1302、その上に、結晶化方法の異なる2層の結晶性珪素膜（1303、1304）を積層し、パターニングする】を用いる。

【0134】ここで、図面上には図示されないが、露出したゲート絶縁層1302の一部をエッチングし、ゲート電極1301と次に形成する電極との電気的接続をとるためのコンタクトホールを開口する。

【0135】次に、導電性を有する金属膜を成膜し、パターニングによりソース電極1305、ドレイン電極1306形成する。本実施例ではTi(50nm)/Al(200～300nm)/Ti(50nm)の三層構造からなる積層膜を用いる。また、上述のように、ゲート電極1301と電気的に接続するための配線も同時に形成されている。

【0136】ここで、ゲート電極の真上の領域、即ちソース電極とドレイン電極とで挟まれた領域1308（以下、チャネルエッチ領域と呼ぶ）が後にチャネル形成領域とオフセット領域の長さにより決定される。

【0137】次に、ソース電極1305およびドレイン電極1306をマスクとしてドライエッチングを行い、自己整合的にアイランドをエッチングする。この時、本実施例では最終的に10～100nm（代表的には10～75nm、好ましくは15～45nm）の半導体層のみ残す。本実施例では、30nm厚の半導体層（130

8に対応する)を残した。

【0138】こうして、アイランドのエッチング(チャネルエッチ工程)が終了したら保護膜1307として酸化珪素膜または窒化珪素膜または有機性樹脂膜を形成して、TFTを完成させた。また、この保護膜は積層膜で構成してもよい。

【0139】この状態において、チャネルエッチされたアイランドのうち、ゲート電極の真上に位置する領域はチャネル形成領域となる。また、ゲート電極の端部よりも外側に位置する領域はゲート電極からの電界が及ばずオフセット領域となる。

【0140】以上の工程により、図13に示す構造(チャネルエッチ構造)が得られる。

【0141】【実施例13】本願発明のTFTは実質的に単結晶と見なせる半導体薄膜を活性層として利用しているため、単結晶シリコンを用いたMOSFETに匹敵する電気特性を示す。

【0142】本発明で得られるTFTは極めて優れたスイッチング特性および高速動作特性を有している。そのため、これまでMOSFETで構成してきたLSIなどの集積化回路をTFTで構成することが可能となる。

【0143】さらには、薄膜を用いるTFTの利点を生かして三次元構造の半導体装置(半導体回路)を構成することも可能となる。

【0144】本願発明のTFTを用いて三次元構造の半導体回路を構成することで、非常に機能性に富んだ半導体回路を構成することが可能である。なお、本明細書中において、半導体回路とは半導体特性を利用して電気信号の制御、変換を行う電気回路という意味で用いている。

【0145】また、本願発明のTFTを用いてLCDドライバ回路や携帯機器用の高周波回路(MMIC:マイクロウェイブ・モジュール・IC)などを構成することもできる。即ち、本願発明のTFTを用いることで従来のICチップやLSIチップをTFTで作製することが可能である。

【0146】【実施例14】本願発明は液晶表示装置以外にも、アクティブマトリクス型のEL(エレクトロリミネッセンス)表示装置やEC(エレクトロクロミクス)表示装置等の他の電気光学装置を作製することも可能である。また、イメージセンサやCCDを作製することも可能である。

【0147】なお、電気光学装置とは電気信号を光学的信号に変換する装置またはその逆を行う装置という意味で用いている。

【0148】【実施例15】本実施例では、本発明を利用した電気光学装置を利用する電子機器(応用製品)の一例を図15に示す。なお、電子機器とは半導体回路および/または電気光学装置を搭載した製品のことを意味している。

【0149】本願発明を適用しうる電子機器としてはビデオカメラ、電子スチルカメラ、プロジェクター、ヘッドマウントディスプレイ、カーナビゲーション、パソコン用コンピュータ、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話、PHS(パーソナルハンディフォンシステム)等)などが挙げられる。

【0150】図15(A)は携帯電話であり、本体2001、音声出力部2002、音声入力部2003、表示装置2004、操作スイッチ2005、アンテナ2006で構成される。本願発明は音声出力部2002、音声入力部2003、表示装置2004等に適用することができる。

【0151】図15(B)はビデオカメラであり、本体2101、表示装置2102、音声入力部2103、操作スイッチ2104、バッテリー2105、受像部2106で構成される。本願発明は表示装置2102、音声入力部2103、受像部2106等に適用することができる。

【0152】図15(C)はモバイルコンピュータ(モービルコンピュータ)であり、本体2201、カメラ部2202、受像部2203、操作スイッチ2204、表示装置2205で構成される。本願発明はカメラ部2202、受像部2203、表示装置2205等に適用できる。

【0153】図15(D)はヘッドマウントディスプレイであり、本体2301、表示装置2302、バンド部2303で構成される。本発明は表示装置2302に適用することができる。

【0154】図15(E)はリア型プロジェクターであり、本体2401、光源2402、表示装置2403、偏光ビームスプリッタ2404、リフレクター2405、2406、スクリーン2407で構成される。本発明は表示装置2403に適用することができる。

【0155】図15(F)はフロント型プロジェクターであり、本体2501、光源2502、表示装置2503、光学系2504、スクリーン2505で構成される。本発明は表示装置2503に適用することができる。

【0156】以上の様に、本願発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、電気光学装置や半導体回路を必要とする製品であれば全てに適用できる。

#### 【0157】

【発明の効果】以上通り、本発明によれば、公知の結晶化手段を用いて第1の結晶性珪素膜を形成して、得られた第1の結晶性珪素膜を下地としてその上に、第2の非晶質珪素膜を形成し、レーザー光の照射等により第2の非晶質珪素膜を結晶化することにより優れた結晶性及びリッジの少ない表面を有する珪素膜が得られる。

【0158】従来と比較して、リッジが少なく、表面の

平坦性が優れているため、トップゲート型TFT構造においては、ゲート絶縁膜と活性層との界面準位を低くすることができる。また、ボトムゲート型TFT構造においては、ソース・ドレイン電極と活性層との界面準位を低くすることができ、オーミック接触を良好なものとすることができる。

【0159】また、 $\text{SiO}_2$ 等の下地膜と比較して、下地が第1の結晶性珪素膜であるため、臨界エネルギーが小さい。従って、従来よりも低いレーザー光のエネルギー密度（代表的には、 $100 \sim 300 \text{ mJ/cm}^2$ ）により結晶化を行うことができるため、プロセスマージンが向上する。

【0160】また、第1の結晶性珪素膜を得た後、第2の非晶質珪素膜を結晶化する構成（上記実施例1及び2）においては、従来技術〔パターニングした第1の結晶性珪素膜を種結晶として、第2の非晶質珪素膜を選択的に結晶化し、第2の結晶性珪素膜のみ活性層として使用する構成〕と比較して、均一にレーザー光を非晶質珪素膜に吸収させることができるために、膜全面においてより均一な結晶性を有する珪素膜を得ることができる。

【0161】従って、本発明においても、第1の結晶性珪素膜をパターニングした後、第2の非晶質珪素膜を選択的に結晶化する構成（上記実施例3及び5）より、第1の結晶性珪素膜を得た後、第2の非晶質珪素膜を結晶化する構成（上記実施例1及び2）が、より好ましい構成である。

【0162】また、第2の非晶質珪素膜をレーザー光の照射により結晶化すると同時に、第1の結晶性珪素膜の膜質の改善も行うことができる。

【0163】また、これらの2層の珪素膜を薄膜トランジスタの活性層に用いて、より信頼性が高く、優れた性能を備えた薄膜半導体装置が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

- 【図1】 実施例1における作製工程を示す図
- 【図2】 実施例2における作製工程を示す図
- 【図3】 実施例3における作製工程を示す図
- 【図4】 実施例4における作製工程を示す図
- 【図5】 実施例7における作製工程を示す図
- 【図6】 実施例7における作製工程を示す図
- 【図7】 実施例8におけるアクティブマトリクス基板の断面を示す図
- 【図8】 実施例8におけるアクティブマトリクス基

#### 板の外観を示す図

【図9】 実施例9におけるアクティブマトリクス基板の断面を示す図

【図10】 実施例10におけるアクティブマトリクス基板の断面を示す図

【図11】 実施例11における作製工程を示す図

【図12】 実施例11における作製工程を示す図

【図13】 実施例12におけるTFT構造断面を示す図

【図14】 セコエッチングによる表面構造図（SEM）

【図15】 実施例13の電子機器の一例を示す図

#### 【符号の説明】

100	基板
101	第1の非晶質珪素膜
102	第1の結晶性珪素膜
103	第2の非晶質珪素膜
104	第2の結晶性珪素膜
105	第1の結晶性珪素膜の島状領域
106	第2の結晶性珪素膜の島状領域
107	ゲート絶縁層
108	ゲート電極の原型
109	多孔性の陽極酸化膜
110	無孔性の陽極酸化膜
111	ゲート電極
112	ゲート絶縁膜
113a 領域	第2の結晶性珪素膜からなるソース
113b 領域	第1の結晶性珪素膜からなるソース
114a 領域	第2の結晶性珪素膜からなるドレイ
114b 領域	第1の結晶性珪素膜からなるドレイ
115a 不純物領域	第2の結晶性珪素膜からなる低濃度
115b 不純物領域	第1の結晶性珪素膜からなる低濃度
116a ル領域	第2の結晶性珪素膜からなるチャネ
116b ル領域	第1の結晶性珪素膜からなるチャネ

【図1】

(A) 第1の非晶質珪素膜の形成



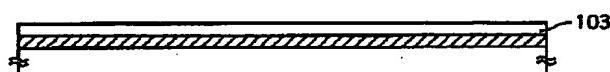
(B) 結晶化のための加熱工程



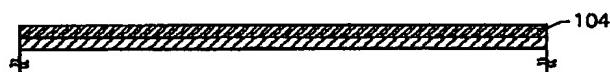
(C) 表面のエッティング工程



(D) 第2の非晶質珪素膜の形成



(E) 結晶化のためのレーザー照射工程

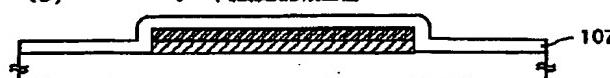


【図5】

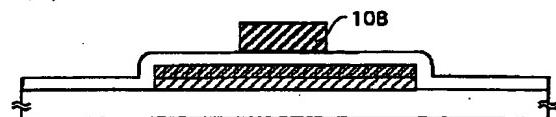
(A) パターニング工程



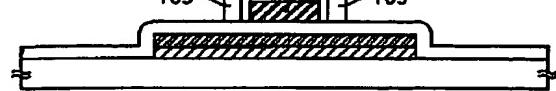
(B) ゲート絶縁膜形成工程



(C) ゲート電極形成工程

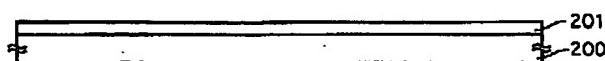


(D) 有効電極形成工程



【図2】

(A) 第1の非晶質珪素膜の形成



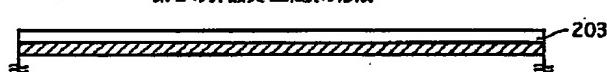
(B) 触媒元素添加工程



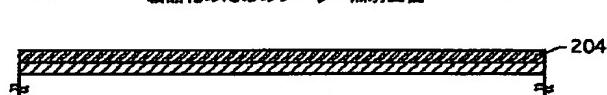
(C) 結晶化のための加熱工程



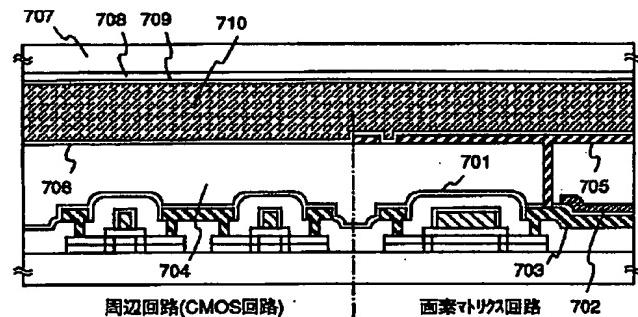
(D) 第2の非晶質珪素膜の形成



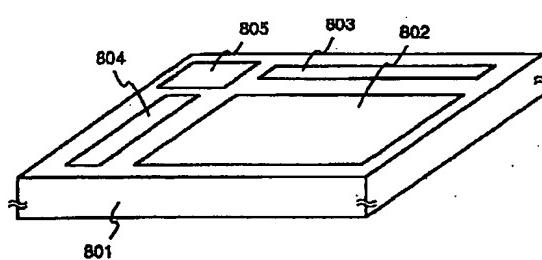
(E) 結晶化のためのレーザー照射工程



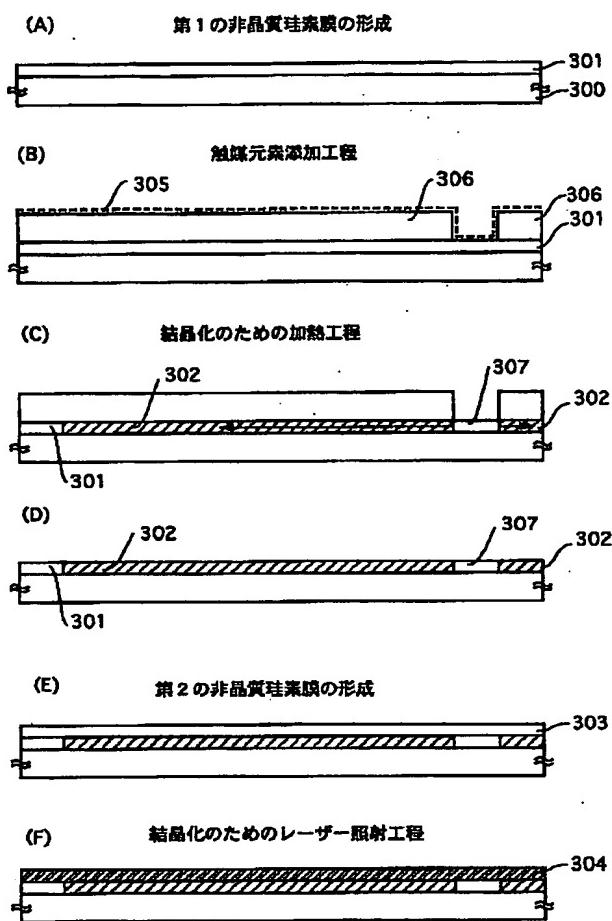
【図7】



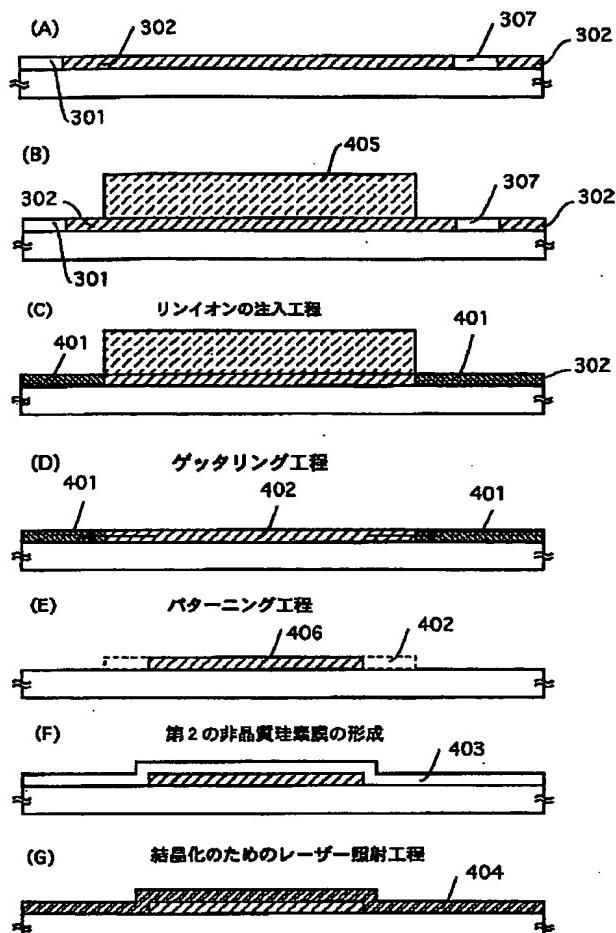
【図8】



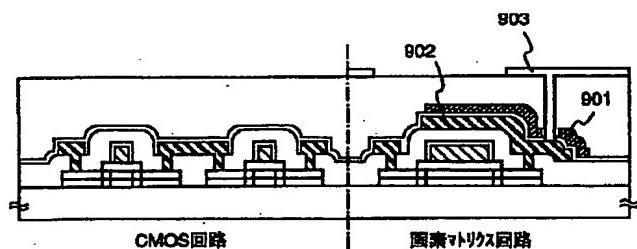
【図3】



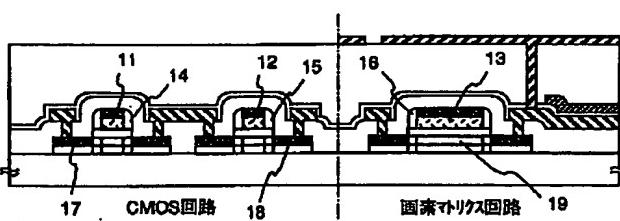
【図4】



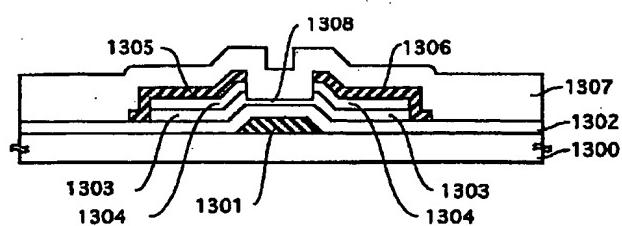
【図9】



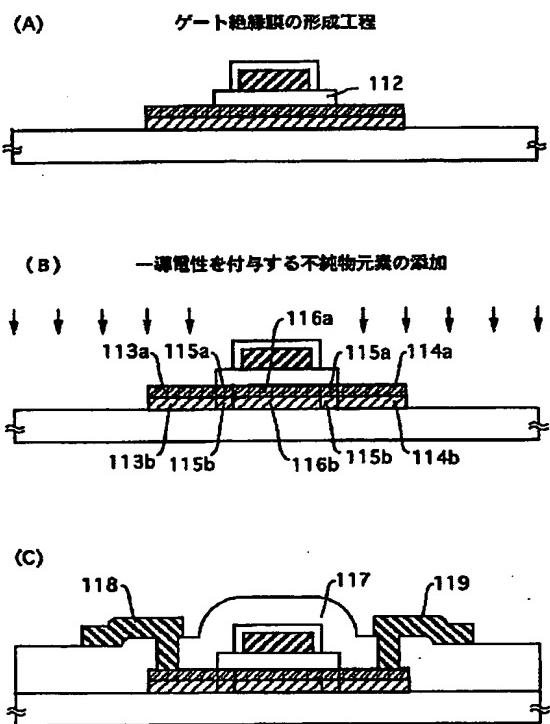
【図10】



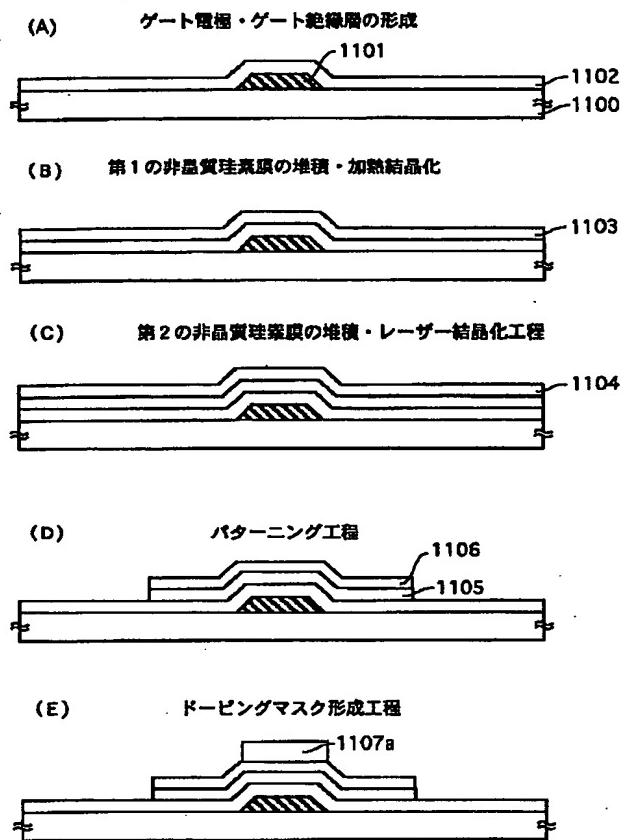
【図13】



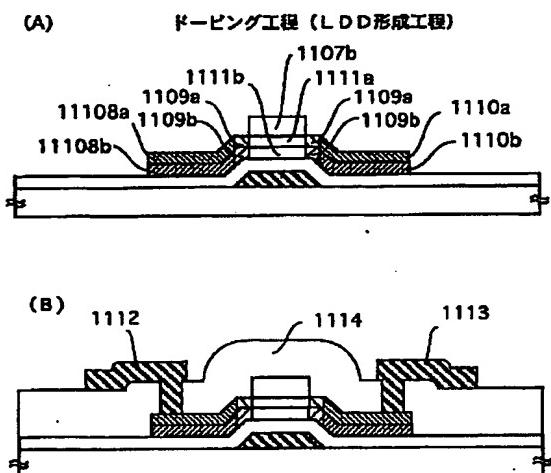
【図6】



【図11】

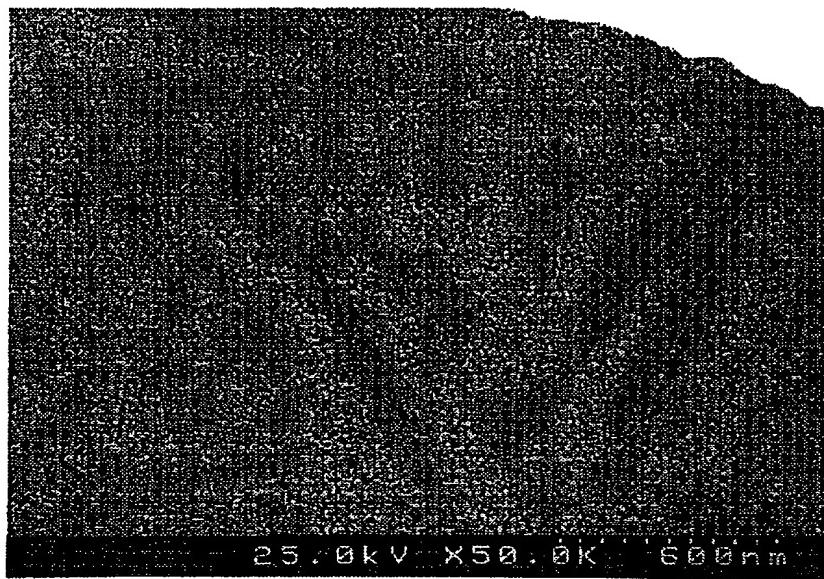


【図12】

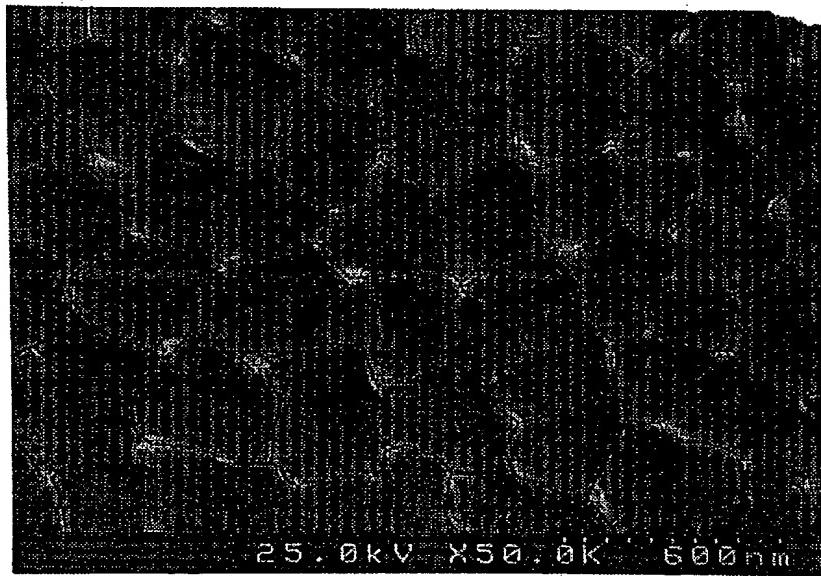


【図14】

## 図面代用写真

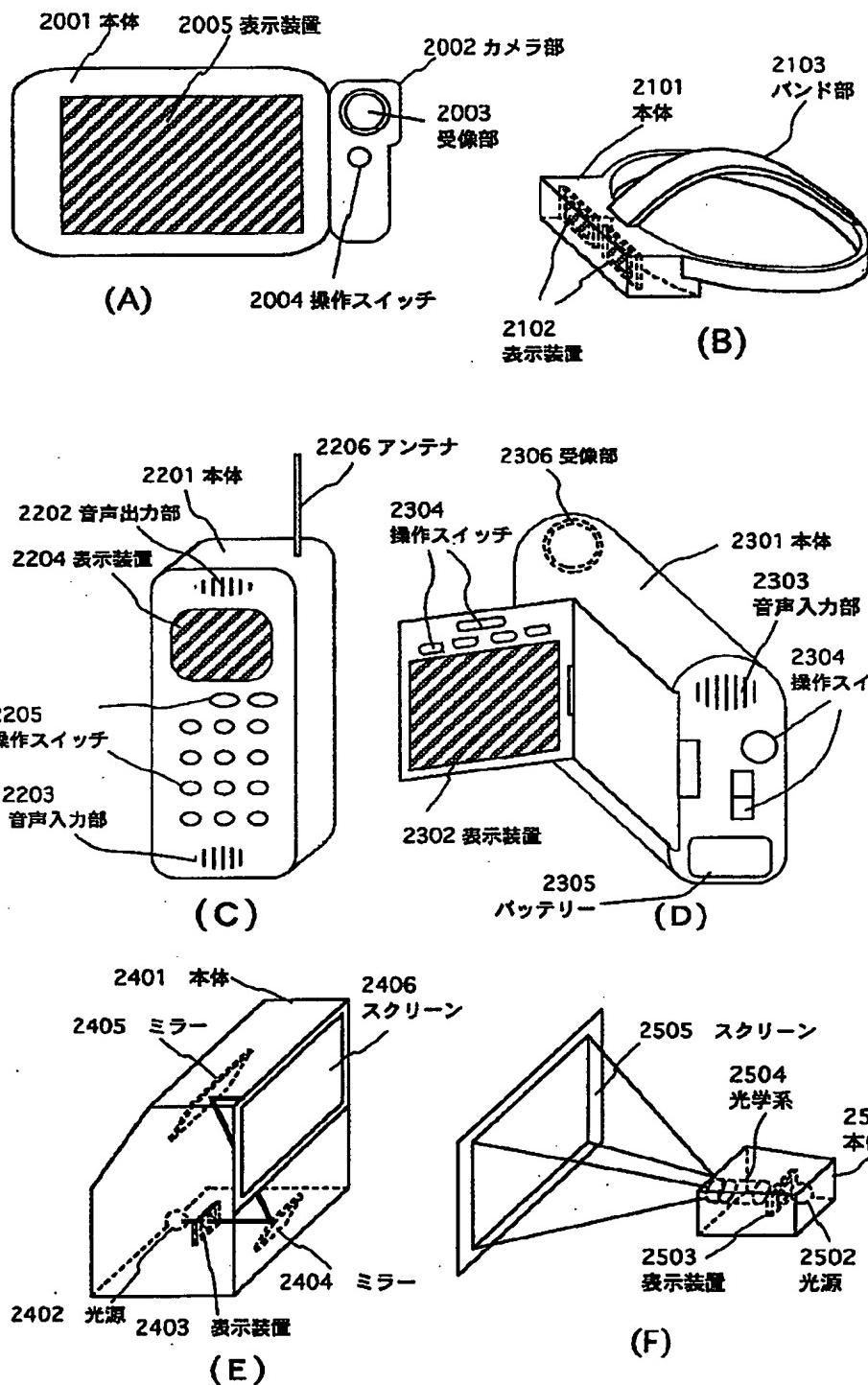


(A)



(B)

【図15】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成17年8月4日(2005.8.4)

【公開番号】特開平11-204435

【公開日】平成11年7月30日(1999.7.30)

【出願番号】特願平10-18098

【国際特許分類第7版】

H01L 21/20

H01L 29/786

H01L 21/336

【F I】

H01L 21/20

H01L 29/78 627G

【手続補正書】

【提出日】平成17年1月6日(2005.1.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成し、

加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を形成し、

前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成し、

レーザー光を照射することによって、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】

絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成し、

加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を形成し、

前記第1の結晶性珪素膜の表面をエッチングした後、前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成し、

レーザー光を照射することによって、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】

請求項2において、前記エッチングのエッチャントとしてフッ酸を含むエッチャントを用いることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】

絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成し、

前記第1の非晶質珪素膜中に珪素の結晶化を助長する金属元素を導入した後、加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を形成し、

前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成し、

レーザー光を照射することによって、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】

絶縁表面上に第1の非晶質珪素膜を形成し、

前記第1の非晶質珪素膜中に珪素の結晶化を助長する金属元素を導入した後、加熱処理を施し、前記第1の非晶質珪素膜を結晶化させ第1の結晶性珪素膜を形成し、

前記第1の結晶性珪素膜の表面をエッティングした後、前記第1の結晶性珪素膜上に第2の非晶質珪素膜を形成し、

レーザー光を照射することによって、前記第2の非晶質珪素膜を結晶化させ第2の結晶性珪素膜を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】

請求項5において、前記エッティングのエッチャントとしてフッ酸を含むエッチャントを用いることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】

請求項4乃至請求項6のいずれか一項において、前記珪素の結晶化を助長する金属元素としてFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Ag、Auから選ばれた一種類または複数種類の元素が利用されることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項8】

請求4乃至請求項6のいずれか一項において、前記珪素の結晶化を助長する金属元素としてNiが利用されることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項9】

請求項1乃至請求項8のいずれか一項において、前記第2の非晶質珪素膜の結晶化は、前記第1の結晶性珪素膜の表面を結晶成長の核としていることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項10】

請求項1乃至請求項9のいずれか一項において、前記レーザー光の照射と同時または段階的に、強光の照射、加熱から選ばれた1種または複数種類の方法を利用することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項11】

請求項1乃至請求項10のいずれか一項において、前記レーザー光の照射エネルギー密度は、100～300mJ/cm<sup>2</sup>であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項12】

絶縁基板上に、半導体薄膜からなる活性層、ゲート絶縁膜、ゲート電極を有し、前記活性層は、第1の結晶性珪素膜と、該第1の結晶性珪素膜上の第2の結晶性珪素膜となる積層構造を有しており、

前記第1の結晶性珪素膜は、加熱により結晶化された結晶構造を有し、

前記第2の結晶性珪素膜は、レーザー光の照射により結晶化された結晶構造を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項13】

請求項12において、加熱により結晶化された結晶構造は、細い棒状結晶または偏平棒状結晶からなることを特徴とする半導体装置。

【請求項14】

請求項12において、加熱により結晶化された結晶構造は、細い棒状結晶または偏平棒状結晶が間隔をおいて平行または概略平行に成長した結晶構造であることを特徴とする半導体装置。

【請求項15】

請求項12乃至請求項14のいずれか一項において、前記半導体装置を用いたことを特徴とする表示装置。

【請求項16】

請求項12乃至請求項14のいずれか一項において、前記半導体装置を用いたことを特徴とするエレクトロルミネッセンス表示装置。

【請求項17】

請求項12乃至請求項14のいずれか一項において、前記半導体装置を用いたことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項18】

請求項 1 2 乃至請求項 1 4 のいずれか一項において、前記半導体装置を用いたことを特徴とするイメージセンサ。

**【請求項 19】**

請求項 1 2 乃至請求項 1 4 のいずれか一項において、前記半導体装置を用いたことを特徴とする電子機器。

**【請求項 20】**

請求項 1 2 乃至請求項 1 4 のいずれか一項において、前記半導体装置を用いたことを特徴とするビデオカメラ、電子スチルカメラ、プロジェクター、ヘッドマウントディスプレイ、ナビゲーションシステム、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末、モバイルコンピュータ、携帯電話または P H S。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**